

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada tahun 1991 O'Regan dan Grätzel pertama kali memperkenalkan sel surya tersensitisasi warna (*dye sensitized solar cell*-DSSC) yang merupakan imitasi proses fotosintesis. Komponen yang menyusun DSSC diantaranya adalah *transparent conductive oxide* (TCO) atau kaca konduktif transparan, *dye sensitizer*, semikonduktor berupa metal oksida, elektrolit sebagai *redox couple*, dan *counter electrode* (Papageorgiou et al., 1997). DSSC memiliki biaya produksi yang rendah, ramah lingkungan, dan dianggap memiliki efisiensi konversi foton menjadi listrik yang tinggi, sehingga DSSC menjadi bidang penelitian yang intens (Castillo-Robles et al., 2021).

*Counter electrode* (CE) merupakan komponen penting pada DSSC yang memiliki pengaruh signifikan pada kinerja fotovoltaiik, stabilitas jangka panjang, dan biaya perangkat (J. Wu et al., 2017). *Counter electrode* mentransfer elektron dari sirkuit luar ke elektrolit sehingga harus memiliki resistensi yang rendah dan memiliki stabilitas tinggi. Bahan *counter electrode* yang efisien harus memiliki luas permukaan yang besar, stabilitas kimia yang baik, konduktivitas tinggi, resistansi rendah, kepadatan arus tinggi, dan stabilitas korosi yang baik (Shah et al., 2023). *Counter electrode* berfungsi sebagai katalis yang menyempurnakan proses oksidasi sebagai bentuk regenerasi pasangan redoks. *Counter electrode* dapat juga sebagai elektroda positif untuk mengumpulkan elektron dari rangkaian eksternal dan menghantarkan elektron kembali ke dalam sel. Disamping itu *counter electrode* berfungsi sebagai reflektor untuk meningkatkan absorpsi cahaya dengan cara memantulkan cahaya yang tidak diabsorpsi oleh *dye* agar dapat kembali ke dalam sel (Gong et al., 2012). *Counter electrode* yang ideal harus memiliki aktivitas katalis dan konduktivitas yang dapat dilihat dari nilai  $R_{ct}$  (*charged transfer resistance*) (Murakami & Grätzel, 2008) ; harga murah; memiliki ketebalan yang optimal dan stabil secara kimiawi, mekanik dan elektrokimia; memiliki luas permukaan besar dan berpori; resistan terhadap korosi; memiliki sifat adhesi yang

baik terhadap TCO; serta memiliki energi level yang sesuai dengan beda potensial pasangan redoks (Andualem & Demiss, 2018).

Bahan yang sering digunakan sebagai *counter electrode* DSSC adalah platina (Pt). Platina mempunyai tingkat konduktifitas yang tinggi dan reaktif sebagai katalis sehingga efektif sebagai elektroda lawan (Khan et al., 2017). Akan tetapi, platina memiliki beberapa kelemahan diantaranya sebagai logam mulia, bahan ini keberadaannya di alam tidak melimpah sehingga sulit digunakan untuk komersial serta dapat terkorosi oleh reaksi redoks  $I/I_3^-$  sehingga dapat mempengaruhi stabilitas dalam jangka panjang (Theerthagiri et al., 2015)(Y. Zhu et al., 2016). Oleh karena itu, maka dibutuhkan bahan material alternatif sebagai pengganti platina yang mempunyai sifat seperti platina yaitu memiliki konduktifitas yang tinggi dan reaktif sebagai katalis.

Karbon memiliki kemampuan untuk menghasilkan kinerja DSSC yang hampir sama dan bahkan lebih baik daripada elektroda lawan platina (Oktaviani & Nursam, 2020). Karbon sendiri ialah salah satu material yang mempunyai persediaan paling banyak di permukaan bumi, serta berharga murah. Tidak hanya persediaannya yang banyak, karbon ialah material yang ramah lingkungan, mempunyai aktivitas katalis serta konduktivitas yang tinggi, konstan terhadap temperatur tinggi, serta tahan terhadap korosi, sehingga sesuai untuk menjadi material alternatif pengganti platina sebagai elektroda lawan DSSC (M. Chen & Shao, 2016). CNT adalah karbon yang memiliki struktur grafit dan dimensi ukurannya dalam satuan nanometer (Theerthagiri et al., 2015). Penelitian Prasetio et al., 2016 membuat *counter electrode* dengan variasi massa MWCNT menghasilkan nilai  $R_{ct}$  461,8 , 387,7 , dan 96,2  $\Omega$ .

Penggunaan CNT atau bahan karbon pada umumnya memiliki kelemahan, yaitu daya rekatnya yang lemah pada substrat TCO sehingga mempengaruhi stabilitas DSSC. Untuk mengatasi hal ini CNT digunakan bersama dengan bahan lain untuk membentuk nanokomposit. Bahan-bahan yang dipertimbangkan untuk pembentukan komposit adalah senyawa logam transisi yang berlimpah di bumi. Senyawa ini tidak hanya melimpah dan murah, tetapi juga memiliki aktivitas katalik yang sangat baik dan sifat redoks yang mudah disesuaikan dengan metode

sintesis sederhana (Baptayev et al., 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, oksida logam transisi telah banyak digunakan sebagai katalis *counter electrode* bebas Pt potensial pada DSSC karena cadangannya yang melimpah, jenis strukturnya yang unik, bentuk yang beragam, modifikasi mudah, biaya rendah dan perilaku elektrokimia yang sangat baik. Oleh karena itu, banyak jenis oksida logam transisi telah dibuat, seperti  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NbO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TaO}$ ,  $\text{RuO}_2$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_2$ ,  $\text{WO}_3$  dan  $\text{WO}_2$  (K. Wu et al., 2023).

Nanokomposit MWCNT dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  telah digunakan sebagai *counter electrode* dalam aplikasi DSSC. Penelitian K. Wu et al., 2023, membuat nanokomposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{@MWCNT}$  dengan variasi morfologi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yaitu *nanodisc* (ND), *nanocubes* (NC), *nanorings* (NR), dan *nanoball* (NB). Pada penelitian K. Wu et al., 2023 perbandingan massanya adalah 50 mg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan 1 mg MWCNT. Dihasilkan nilai  $\Delta E_p$  antara puncak oksidasi dan reduksi 0,550 , 0,5440 , 0,538 , dan 0,510 V dan nilai kerapatan arus puncak reduksi  $j_{pc}$  1,011 , 1,061 , 1,558 , dan 1,586  $\text{mA}/\text{cm}^2$ . Semakin kecil  $\Delta E_p$  menunjukkan reversibilitas yang lebih baik, dan semakin besar nilai kerapatan arus puncak reduksi  $j_{pc}$  menunjukkan kemampuan katalitik yang lebih tinggi dengan laju reaksi yang lebih cepat terhadap  $\text{I}_3^-$  menjadi  $\text{I}^-$ . Selain itu juga didapatkan nilai  $R_{ct}$  92,7 , 63,23 , 58,77 , dan 55,49  $\Omega$ . Hasil tersebut menunjukkan variasi morfologi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  *nanoball* (NB) memberikan hasil nilai  $R_{ct}$  yang paling baik.

Dalam penelitian ini, elektroda lawan dibuat dengan cara mendeposisikan nanokomposit MWCNT- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada kaca konduktif transparan dengan metode *doctor blade*. Variasi penambahan massa MWCNT digunakan dalam penelitian ini, dengan penambahan massa MWCNT diperkirakan akan memperkecil nilai  $R_{ct}$  karena peningkatan interaksi antara elektroda lawan dengan elektrolit. Penurunan nilai  $R_{ct}$  akan meningkatkan konduktifitas dan aktivitas elektrokatalik yang mempengaruhi efisiensi DSSC.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mendapatkan sifat morfologi nanokomposit MWCNT-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai *counter electrode*.
2. Memperoleh sifat elektrokimia meliputi voltametri siklik dan spektroskopi impedansi *counter electrode*.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi mengenai morfologi dan sifat elektrokimia nanokomposit MWCNT-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai *counter electrode* DSSC.
2. Hasil analisis nanokomposit MWCNT-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai referensi pembuatan dan pengembangan *counter electrode* pada DSSC.